

Integrasi Parameter Traksi dalam Pengendalian Perilaku *Yawing* Multi *Steering* Sistim

I.D.G Ary Subagia

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana

Email: arsubmt@me.unud.ac.id

ABSTRAK

Sistem kemudi adalah komponen pengarah terhadap gerak kendaraan. Kemudi harus mampu membelokkan roda pengarah dan memiliki kemudahan pengendalian serta stabilitas arah. Akhir akhir ini telah dikembangkan suatu mekanisme kemudi dengan sistem multi steering. Tujuan pengembangan multi steering adalah mengontrol perilaku yawing yang timbul saat kendaraan berbelok. Perilaku yawing yang besar mengakibatkan terjadinya oversteer, undesteer dan gerak membingungkan yang dapat mengakibatkan kecelakaan. Dalam peningkatan unjuk kerja sistem multi steering dilakukan dengan pengontrolan traksi, menggunakan metode sudut slip berimbang dan static margin yang dimodelkan melalui simulasi menggunakan perangkat lunak matlab. Hasil yang dicapai adalah integrasi traksi dengan sistim multi steering sangat efektif dalam mengendalikan perilaku arah gerak kendaraan baik pada kecepatan tinggi maupun rendah karena mampu memperkecil yawing respon yang terjadi pada kendaraan saat berbelok.

Kata kunci: Multi steering, yawing, traksi

ABSTRACT

Steering system is a direction component of vehicle. Steering system has to turn guide wheel and it is also have good handling and stability direction. In the last was developing a multi steering mechanism. The purposed of multi steering develop is control yawing rate when vehicle turn direction. The largest yawing rate is influences over steer, under steer, and confusing phenomenon that made accident. To develop multi steering performance do by traction control using the slip angle balance method and static margin method that use simulation model using Mat-lab soft wear. The conclusion the integration multi steering with traction control are more effective for handling direction of vehicle in low and high speed, because it may drop yawing response in turn direction.

Keywords: Multi steering, yawing, traction

PENDAHULUAN

Keamanan, kenyamanan, dan stabilitas arah kendaraan dengan semakin meningkatnya kecepatan yang tersedia menjadi tuntutan bagi setiap pengendara. Dalam hal ini sistim kemudi diupayakan mampu memberi arah terhadap gerak kendaraan. Secara sederhana dikatakan kemudahan pengendalian dan stabilitas arah gerak kendaraan hanya tergantung pada arah belok roda kemudi. Dimana sistem kemudi harus dapat membelokkan roda penggerak sedemikian rupa sehingga pusat putar semua roda dapat berada pada suatu titik. Pada gerak belok sebagai gerakan paling kritis dari kendaraan, umumnya akan terjadi sudut slip pada masing-masing roda. Perilaku ini jika gerak belok lebih banyak dipengaruhi oleh sudut slip dibandingkan dengan arah roda kemudi maka kendaraan

dikatakan tidak stabil atau kendaraan sulit dikendalikan. Perilaku tersebut sangat berbahaya karena dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan.

Perbaikan sistem kemudi menuju pada peningkatan kinerja pengendalian dan stabilitas arah gerak kendaraan telah banyak dilakukan baik pada mekanisme maupun integrasinya dengan variabel dinamik kendaraan. Pada akhir-akhir ini dikembangkan sistem kemudi yang dapat membelokkan roda depan dan roda belakang secara bersama-sama pada arah yang sama ataupun berlawanan. Sistem ini dikenal dengan sebutan 4WS (*Four Wheel Steering*).

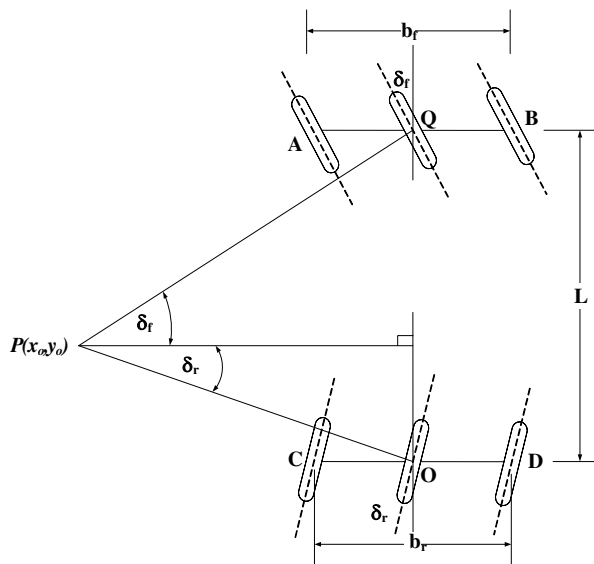
Dalam hal ini dilakukan pembahasan karakteristik *handling* dari sistem kemudi multi *steering* dengan kontrol traksi. Penetapan karakteristik *handling* dilakukan dengan menggunakan pendekatan sudut slip terkendali, dimana sebagai variabel

uji adalah kecepatan dan sudut belok roda, dan variable dinamik kendaraan yang berpengaruh, diselesaikan dengan metode *static margin*. Pelaksanaan dari pengujian dilakukan melalui pemodelan dinamik kendaraan, secara simulasi menggunakan perangkat lunak *Matlab*.

METODELOGI PENELITIAN

Menentukan Radius Belok Sistem *Multi Steering*

Gambar 1 menunjukkan konsep gerak belok dari sistem kemudi *multi steering*. Arah belok dari roda untuk sistem *multi steering*, pada kecepatan rendah untuk menghindari terjadinya efek *understeer* adalah berlawanan arah dengan arah belok roda depan. Sebaliknya untuk menghindari efek *oversteer* pada kecepatan tinggi arah belok dari roda belakang searah dengan roda depan. Tujuan dari pembelokan roda belakang pada sistem *multi steering* adalah untuk meminimalisasi sudut slip roda kendaraan yang terjadi saat berbelok.



Gambar 1. Skema radius Belok Sistim Kemudi Multi Steering

Dengan menerapkan metode sumbu koordinat tetap, selisih radius belok (R) antara roda depan dan roda belakang di tunjukkan dengan persamaan sebagai berikut [1]:

$$\Delta R = \overline{PQ} - \overline{PO} = \frac{l}{\sin \delta_f + \cos \delta_f + \tan \delta_f} - \frac{l}{\sin \delta_r + \cos \delta_r + \tan \delta_r} \quad (m) \quad (1)$$

Gerak belok *Ackerman* (R_{ack}) adalah kondisi roda belok tanpa sudut *slip* karena kecepatan kendaraan sangat rendah [2]. Secara matematis radius belok *ackerman multi steering* dirumuskan sebagai berikut;

$$R_{ack} = \frac{L_f + L_r}{\delta_f^0 \mp \delta_r^0} \times 57,29 \quad (^\circ) \quad (2)$$

Gerak belok nyata *sistim multi steering*, dimana kecepatan yang berikan maka setiap roda terbentuk sudut *slip* (α), sehingga radius belok yang dibutuhkan dirumuskan sebagai berikut;

$$R_n = \frac{L_f + L_r}{\delta_f^0 \mp \delta_r^0 \pm \alpha_f^0 \mp \alpha_r^0} \times 57,29 \quad (^\circ) \quad (3)$$

dimana: $L = L_f + L_r$ panjang *wheel base* terhadap titik pusat massa kendaraan, R_n ; radius belok nyata sistim kemudi *multi steering*, δ_f ; sudut *steer* roda depan, δ_r ; sudut *steer* roda belakang, α_f ; sudut *slip* roda depan, α_r ; sudut *slip* roda belakang.

Perumusan Gaya Lateral dan Momen *Yawing*

Gaya lateral adalah gaya samping yang bekerja sepanjang sumbu longitudinal kendaraan sekitar kurva saat bergerak, yang mampu merubah arah kendaraan. Saat bergerak belok akibat gaya lateral di setiap titik bodi kendaraan, di pusat masa kendaraan terjadi momen yang disebut dengan *momen yawing* [3].

Perilaku *yawing* yang terjadi pada gerak belok kendaraan tergantung pada besarnya sudut *slip* (α) ban, dengan menggunakan persamaan *Euler* [4], persamaan *yawing* adalah;

- *Yawing rate* Netral:

$$Y_n = \frac{V}{R_n}, a_f = a_r, R_n = \frac{L_f + L_r}{d_f} \cdot 57,29 \quad (4)$$

- *Yawing rate Understeer*

$$Y_u = \frac{V}{R_u}, a_r < a_f, R_u = \frac{L_f + L_r}{d_f - a_f + a_r} \cdot 57,29 \quad (5)$$

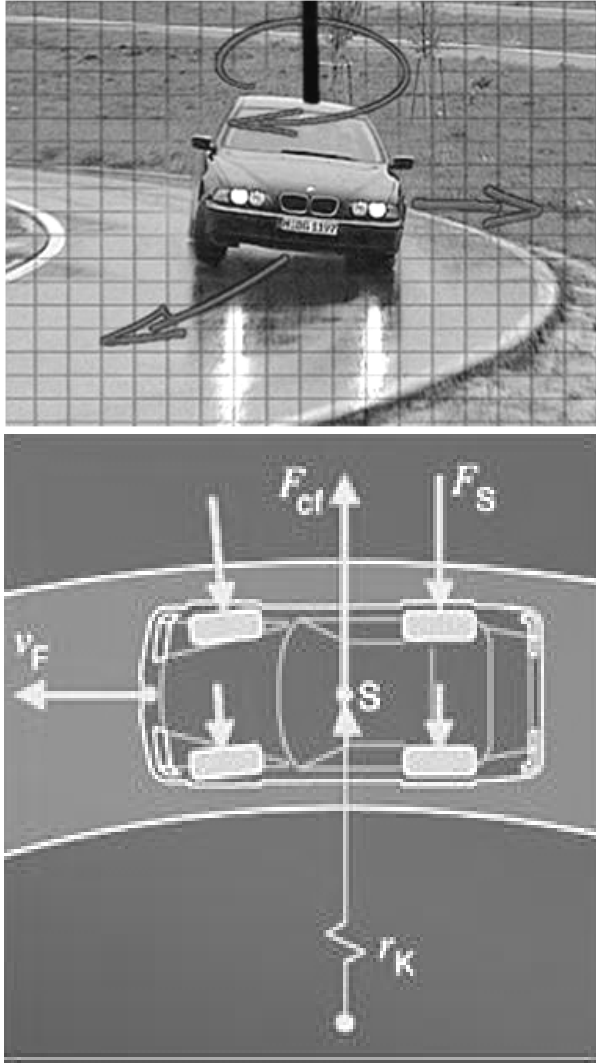
- *Yawing rate Oversteer*

$$Y_o = \frac{V}{R_o}, a_r > a_f, R_o = \frac{L_f + L_r}{d_f - a_f + a_r} \cdot 57,29 \quad (6)$$

- *Yawing rate* Nyata

$$Y_N = \frac{V}{R_N}, a_r \neq a_f, R_N = \frac{L_f + L_r}{d_f \pm d_r \text{ ma } a_f \pm a_r} \cdot 57,29 \quad (7)$$

Dimana; V : Kecepatan kendaraan (km/jam); Y : *Yawing rate* ($^\circ$); R : Radius belok kendaraan (m), n, N, o, u ; *suffik* dari radius pada kondisi netral, Nyata, *oversteer*, dan *underster*, δ_f ; sudut belok roda depan ($^\circ$), δ_r ; sudut belok roda belakang ($^\circ$), α_f ; sudut *slip* roda depan ($^\circ$), α_r ; sudut *slip* roda belakang ($^\circ$), L_f ; jarak sumbu roda depan ke pusat masa kendaraan, L_r ; jarak sumbu roda belakang ke pusat massa kendaraan.



Gambar 2 Efek Gaya Lateral pada Kendaraan

Merumuskan Traksi Kendaraan

Pengendalian stabilitas arah sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya sudut slip yang terbentuk pada ban. Setiap kendaraan untuk dapat bergerak maju maupun mundur baik pada kondisi menanjak, mendatar, dan menurun, *kontinyu* maupun *diskontinyu*[2,5,6], membutuhkan adanya gaya dorong yang disebut traksi. Sudut slip dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya, keausan ban (A), konstruksi ban (K), gaya normal (\$F_z\$), gaya longitudinal (\$F_x\$), gaya lateral (\$F_y\$), dan sudut steer roda depan (\$\delta_f\$). Kemudian secara umum dituliskan sebagai berikut;

$$\alpha = f(A, K, F_x, F_y, F_z, \delta) \quad (8)$$

Model *power train internal speed* dari Gambar 3 dapat direperentasikan dengan persamaan dinamika mesin sebagai berikut:

$$\ddot{T}_e = -c_2 \cdot \omega_e \cdot \dot{T}_e - c_1 (T_e - T_d) \cdot \omega_e^2 \quad (9)$$

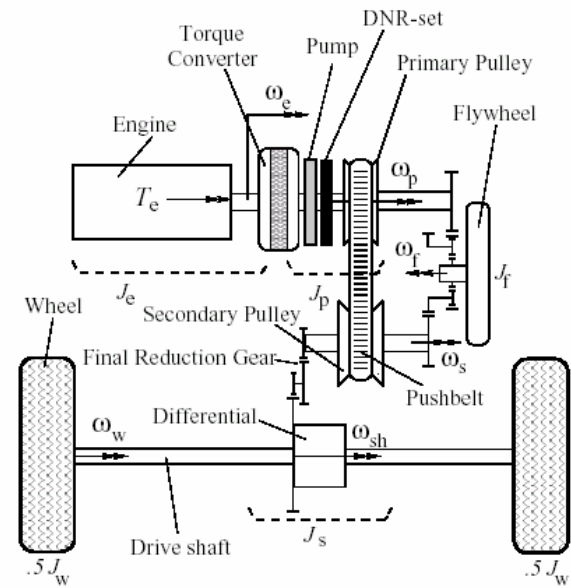
Dimana; \$\omega_e\$; kecepatan relatif poros, \$c_1, c_2\$; konstanta, \$T_e\$; torsi mesin, \$T_d\$; *desired torque*. kemudian persamaan matematik poros penggerak (*Drive Shaft*) dirumuskan sebagai berikut [6,1]:

$$T_{sh} = k_{sh} \cdot \phi + b_{sh} \cdot \dot{\phi} \quad (10)$$

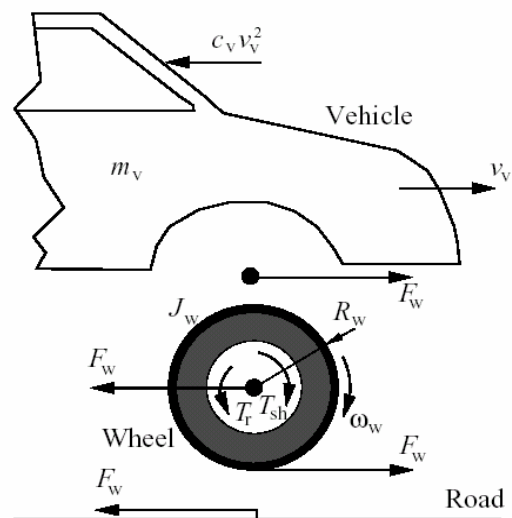
$$\dot{\phi} = \omega_{sh} - \omega_w \quad (11)$$

$$\omega_{sh} = i_f \cdot \omega_s \quad (12)$$

dimana: \$T_{sh}\$; torsi yang dihasilkan oleh poros penggerak, \$\omega_{sh}\$ adalah kecepatan relatif poros penggerak, \$\omega_w\$ adalah kecepatan relatif roda penggerak, \$i_f\$ adalah *final reduction gear ratio*.

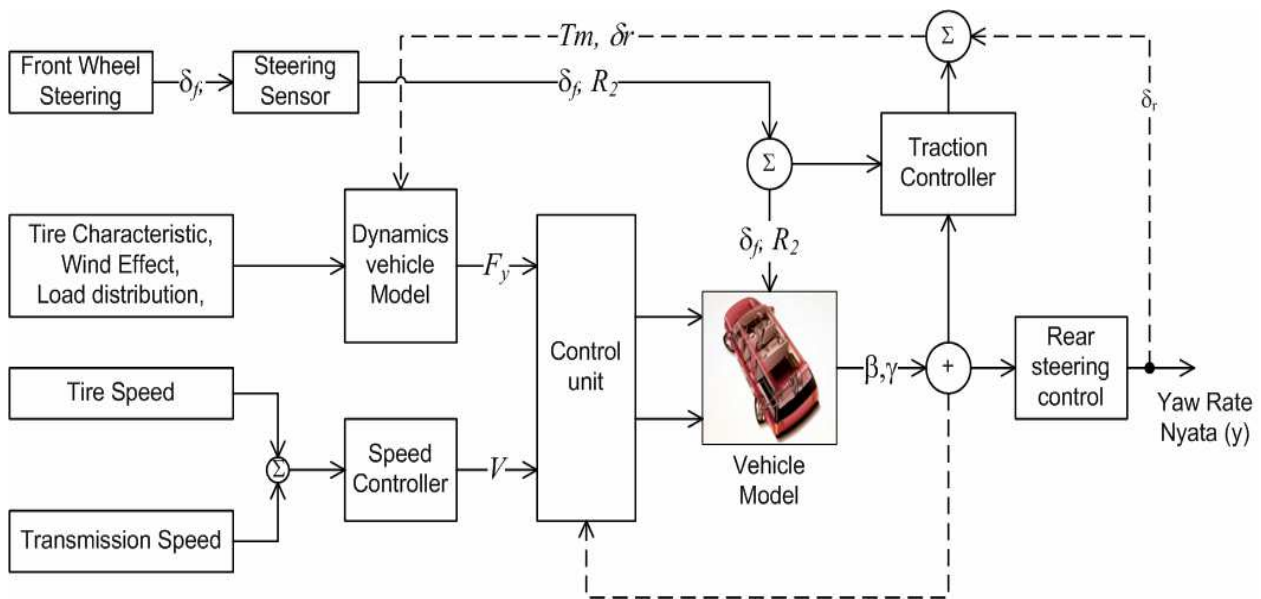


Gambar 3. Model Powertrain



Gambar 4. Interaksi antara Kendaraan, Roda dan Jalan

Dinamika pada roda sebagai penggerak dari kendaraan seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Untuk



Gambar 5 Blok Diagram Kontrol Traksi pada Sistem Multi Steering

kondisi tanpa pengereman dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut [1]:

$$\dot{\omega}_w = \frac{T_{sh} - F_w \cdot R_w - T_r}{J_w} \quad (13)$$

Dimana; F_w : gaya dorong roda penggerak, R_w : jari-jari roda penggerak, T_r : torsi rolling resistance, terhadap bodi kendaraan yang mengalami kecepatan sebagai hasil dari gaya roda F_w dan hambatan aerodinamis dinamika kecepatannya dituliskan sebagai berikut::

$$\dot{V}_v = \frac{F_w - c_v \cdot V^2}{m_v} \quad (14)$$

Dimana; c_v : hambatan aerodinamis, m_v : massa kendaraan, V_v : kecepatan dorong kendaraan.

Skema 4WS dengan Kontrol Traksi

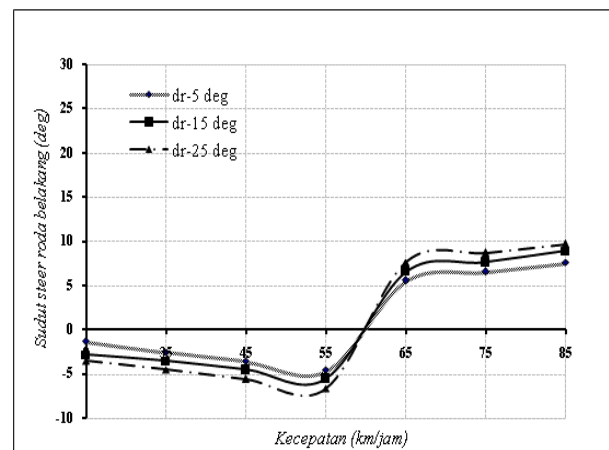
Blok diagram simulasi dengan kendali traksi ditunjukkan seperti Gambar 5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebutuhan belok roda belakang pada sistem multi steering dengan kontrol traksi untuk sudut belok roda depan (δ_f): 5°, 15°, dan 25°, ditunjukkan pada Gambar 6.

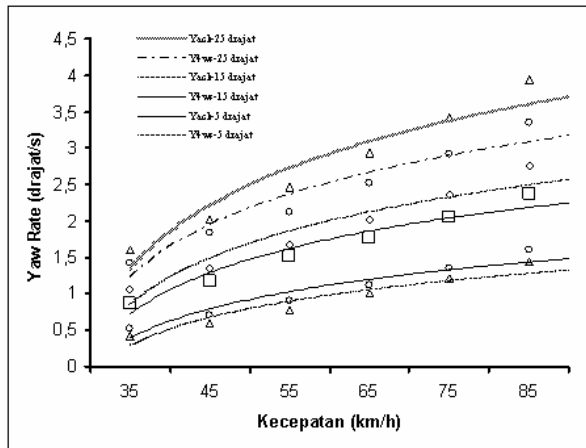
Pada kecepatan rendah, ditunjukkan dengan tanda negatif, dan sebaliknya untuk kecepatan tinggi bertanda positif. Dengan sistem ini, perubahan arah belok roda belakang terjadi pada kecepatan 60 km/jam. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya pengendalian traksi yang diberikan pada saat bergerak belok mening-

katkan derajat sudut belok roda roda belakang terhadap roda depan yaitu pada kecepatan 85 km/jam, untuk roda depan (δ_f) sebesar 5° dihasilkan sudut roda belakang sebesar 7°. Dibandingkan dengan tanpa kontrol traksi sudut belok roda belakang dengan variasi yang sama dihasilkan lebih rendah sehingga yaitu sebesar 5° untuk sudut belok roda depan 5°. Hal ini memungkinkan untuk terjadinya momen yawing yang relative besar baik pada kecepatan rendah maupun tinggi atau perilaku understeer dan oversteer tetap terjadi.



Gambar 6. Kebutuhan Sudut Belok Roda Belakang Kendaraan dengan Kontrol Traksi

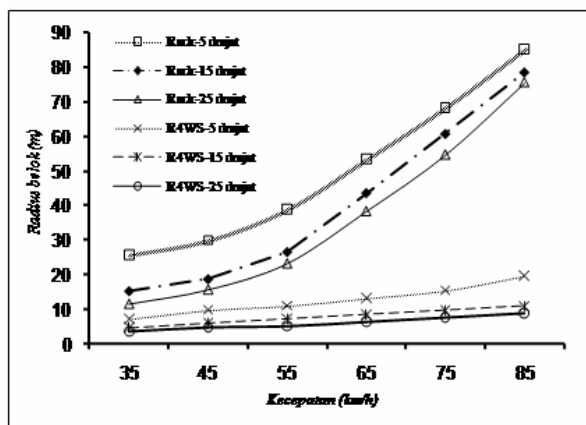
Perilaku belok kendaraan tergantung pada sudut slip yang terjadi pada ban dan besarnya efek momen yawing yang ditimbulkan. Dalam simulasi yang dilakukan diperoleh efek yawing nyata terhadap yawing netral kendaraan yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Yawing Rate Kendaraan Tanpa dan dengan Kontrol Traksi

Dari kurva pada Gambar 7 nampak bahwa yawing rate dari sistem kemudi multi steering dengan kontrol traksi selalu mendekati kondisi yawing rate ideal (ackerman). Kondisi ini memberikan pernyataan bahwa pengendalian traksi kendaraan yang diintegrasikan dengan mekanisme kemudi multi steering sangat efektif menjadi pengendali stabilitas arah kendaraan. Disamping itu Gambar 7 juga menunjukkan bahwa yawing rate yang terjadi pada sistem kemudi multi steering tanpa kontrol traksi lebih besar dibanding dengan yawing rate yang terjadi untuk sistem kemudi multi steering yang diintegrasikan dengan kontrol traksi. Perbedaan ini terjadi karena traksi kendaraan mempengaruhi besar kecilnya sudut slip yang terjadi. Selain itu juga traksi yang diberikan mampu melawan hambatan-hambatan yang diterima oleh kendaraan saat berbelok.

Berbelok merupakan perilaku paling kritis bagi sebuah kendaraan dimana besar atau kecilnya radius belok sangat mempengaruhi stabilitas kendaraan baik pada kecepatan rendah maupun tinggi



Gambar 8. Radius Belok Kendaraan dengan Multi Steering System

Berkaitan dengan itu, hubungan antara radius belok dengan kecepatan untuk multi steering dengan dan tanpa sistem kontrol traksi dari penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 8. Radius belok pada kedua kondisi menunjukkan perbedaan yang signifikan. Untuk sudut belok roda depan yang sama ($\delta_f = 50$) dan pada kecepatan rendah $V = 35$ km/jam. radius belok sistem multi steering dengan kontrol traksi lebih pendek dari pada sistem multi steering tanpa kontrol traksi. Pencapaian radius belok dari sistem kemudi multi steering baik tanpa maupun dengan kendali traksi sesungguhnya mampu memberikan keunggulan dalam hal kemudahan untuk melakukan manuver parkir, dan mengendalikan perilaku yawing yang ditimbulkan oleh faktor dinamik kendaraan.

KESIMPULAN

Integrasi traksi dengan sistim multi steering sangat efektif untuk mengontrol perilaku arah gerak kendaraan baik pada kecepatan tinggi maupun rendah karena mampu memperkecil respon yawing yang terjadi pada kendaraan saat berbelok, sehingga kendaraan menjadi lebih stabil terhadap perilaku understeer ataupun oversteer.

DAFTAR PUSTAKA

1. I. N. Sutantra, Yusuf Kaelani, *Dinamic Characteristics of Multi Function Four Wheel Steering Sistim*, FISITA World Automotive Congress, June Seoul, Korea, F2000G344. 2000.
2. Ary Subagia I.D.G, Wayan Berata, *Pemodelan Simulasi Berbasis Fuzzy Controller terhadap Perilaku Yawing rate dengan Pengendalian sudut Steer Roda Belakang*, Jurnal Teknik Mesin Univ. Kristen Petra, ISSN 1410-9867, Vol.6 no.2, Oktober 2004, Surabaya.
3. Ary Subagia.I.D.G, Agus Sigit P, *Requirement for Corner Angle Variation of Rear Wheel on Four Wheel Steering Sistim with Controlled Eunuch Slip*, Jurnal Majalah IPTEK, ISSN.0853-4098, Vol 16. No.1, Februari. 2005, Surabaya.
4. Ary Subagia.I.D.G, *Disain dan Simulasi Dinamik Sudut Belok Roda Belakang (Four Wheel Steering Sistim) dengan Pengendalian Traksi Kendaraan* Technological and Professional Skill Development Sector Project TPSDP-Batch III, ADB Loan no. 1792-Ino 2005.
5. Agus Sigit P, Devi Chandra, Pandri Pandiatmi, "Smart Sistim Four Wheel Steering berdasarkan Kendali Yawing rate" Jurnal Poros Vol.10.No.2, April 2007, Terakreditasi No. 23a/DIKTI/Kep/2004, ISSN 1410-6841, Jakarta.
6. Sutantra, *Teknologi Otomotif–Teori dan Aplikasinya*, Guna Widya, 2001, Surabaya.